

Effektivare biogasproduktion med självseparerad gödsel

SARA BERGSTRÖM NILSSON, HUSHÅLLNINGSSÄLLSKAPET HALLAND

REBECCA ASPLUND, VÄXA SVERIGE

KNUT-HÅKAN JEPPSSON, BIOSYSTEM OCH TEKNOLOGI, SLU

Genom att använda svämtäcket och bottensatsen i flytgödselbehållaren till biogasproduktion kan transportkostnaderna minska och metanproduktionen öka i biogasreaktorn. Att flytgödseln självseparerar i behållaren kan också utnyttjas för att optimera utnyttjandet av fosfor i gödseln. I detta faktablad redovisas resultaten från ett försök där flytgödsel från mjölk- och grisproduktion har självseparerat i minst 6 veckor. Genom att pumpa bort 30% av den tunnare gödselvätskan i mitten av behållaren med integrerade grisdödseln ökade den genomsnittliga metanpotentialen med ca 15% per ton gödsel för kvarvarande flytgödsel. Svämtäcke och bottensats innehöll mellan 20 och 60% av fosfor i flytgödselbehållarna.

Biogasproduktion med flytgödsel

Stallgödsel är ett viktigt substrat för biogasproduktion. Gödsel är allsidigt sammansatt och innehåller viktiga näringsämnen och mineraler för rötningsprocessen. Den vanligast förekommande formen av stallgödsel är flytgödsel. Flytgödsel är emellertid en rötningsråvara som ger mindre biogasutbyte än många andra råvaror för biogasproduktion eftersom den har låg TS-halt och djuren redan har omsatt delar av det organiska materialet. Nötgödsel har ofta lite sämre gasutbyte än grisdödsel eftersom den har brutits ned anaerobt i vommen. Biogasutbytet från grisdödsel är ca 26 m³/ton (våt vikt) och från nötflytgödsel ca 22 m³/ton (våt vikt) vilket kan jämföras med animaliska slaktrester, ca 97 m³/ton (våt vikt), och källsorterat matavfall från hushåll, ca 204 m³/ton (våt vikt) (Carlsson & Uldal, 2009).

Ett problem med flytgödsel som biogasråvara är att den innehåller mycket vatten. Vattnet medför transportkostnader om gödseln ska köras från olika lantbruk



Provtagning av självseparerad flytgödsel från integrerad grisproduktion.

till en central biogasanläggning. Vidare går det åt energi för att värma upp vattnet i biogasanläggningen samtidigt som vattnet tar plats i reaktorn utan att generera någon metan. Den höga vattenhalten i gödseln kan således vara ett problem då det har en negativ inverkan på biogasanläggningens ekonomi.

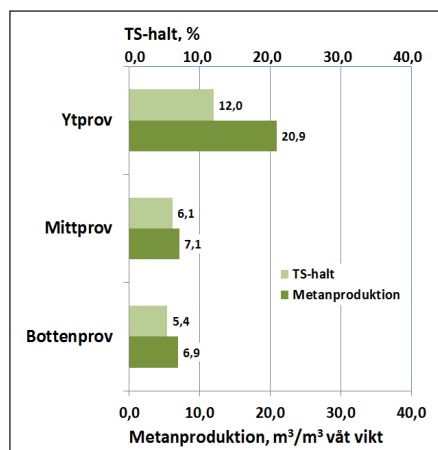
Separering av flytgödsel

Separering av flytgödsel är en metod för att ta bort en del vatten från gödseln och på så sätt få en fraktion med mer organiskt material (VS) och högre metanpotential per volymsenhet. Användning av en gödselseparator är kostsamt både vad gäller investering och drift. Att använda sig av gödselns självseparerande förmåga genom sedimentering kan därför vara ett intressant alternativ.

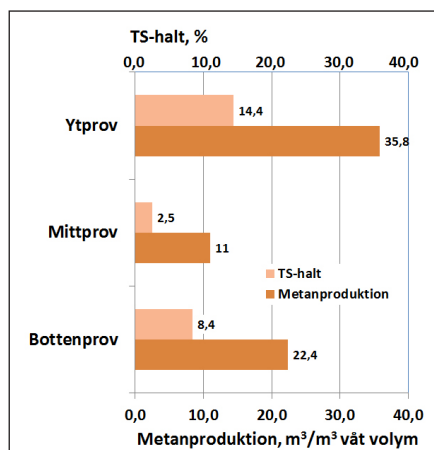
I samband med lagring av flytgöd-

sel skiftar den sig naturligt i olika faser: svämtäcke, en tunnare fas i mitten av behållaren samt ett bottensediment. I Danmark och Kina har forskare undersökt självseparering av flytgödsel från gris genom att mäta hur gödseln separerar i plexiglasrör (Sommer & Hansen, 2005; Deng m.fl., 2014). Deras resultat visar att bottensedimentet som bildas motsvarade 20–25% av behållarvolymen men innehöll ca 85% av det organiska materialet och ca 60% av biogaspotentialen. Genom att endast hämta bottensedimentet skulle därmed transportkostnaderna av gödsel och rötrester kunna minska samtidigt som metanutbytet per volymsenhet av reaktorn skulle öka.

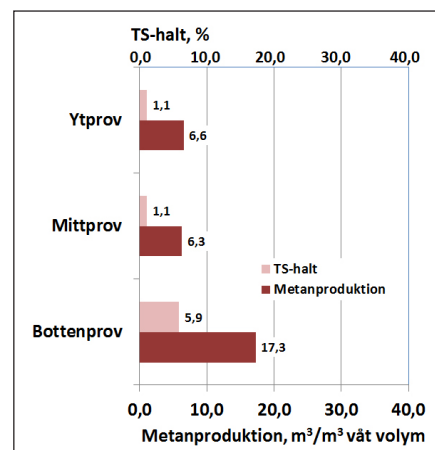
Följande utvecklingsprojekt genomfördes för att studera hur flytgödsel för nötkreatur och grisar separerar i flytgödselbehållare under svenska förhållanden, dvs med



Figur 1. Fördelning av TS-halt och metanproduktion i flytgödsel från mjölkproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor.



Figur 2. Fördelning av TS-halt och metanproduktion i flytgödsel från integrerad grisproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor.



Figur 3. Fördelning av TS-halt och metanproduktion i flytgödsel från slaktgrisproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor.

svenska foderstater, strömmängder och gödselhanteringssystem, med avseende på metanproduktion och växtnäringssämnen.

Hur mätningarna genomfördes

Försöket genomfördes i två flytgödselbehållare för mjölkproduktion, en behållare för integrerad grisproduktion och en för slaktgrisproduktion. Mätningarna gjordes i mitten av januari 2014 då gödseln stått orörd i behållarna i minst sex veckor. Gödselprover togs på tre platser och på tre djup i gödselbehållarna (10–15 cm från ytan, i mitten och 10–15 cm från botten) för analys av metanproduktion och växtnäringssämnen. För att samla proverna användes en cylinder med lock som kunde öppnas på önskat djup. Svämtäckets och bottensedimentets tjocklek mättes med en sedimentmätare för våtmarker. Prover togs också efter omrörning av flytgödseln. Metanproduktionen analyserades av Biomil AB i Lund och växtnäringssämnet av Agrilab i Uppsala.

Självseparering av flytgödsel från mjölkproduktion

Svämtäckets på gödseln i de två nötflytgödselbehållarna var tjockt, 20–30 cm respektive 60–70 cm. I övrigt hade gödseln inte skiktat sig och något bottensediment hade inte bildats. TS-halten i ytprovet (svämtäckets inblandat) var ca 12%. Gödselproverna i mitten och botten av flytgödselbehållarna hade ungefär samma

TS-halt, ca 5–6%. Metanproduktionen följde samma mönster som TS-halten och var ca tre gånger högre för ytprovet (ca 21 m³/m³ våt vikt) än för proverna i mitten och botten (ca 7 m³/m³ våt vikt) (Figur 1). Det organiska innehållet (%VS av TS) i ytprovet var ca 90% jämfört med ca 80% för proverna i mitten och botten av gödselbehållarna (Tabell 1).

Även växtnäringen hade omfördelats på grund av sedimenteringen (Tabell 1). Ytprovet innehöll mer organiskt kväve och mindre ammoniumkväve än provet i botten och mitten av behållaren. Halten fosfor i ytprovet var högre än i övriga prov och halten kalium i ytprovet var lägre än i övriga prov i flytgödselbehållaren. I ytprovet var även halten totalkol högre och därmed även C/N-kvoten.

Självseparering av flytgödsel från grisproduktion

Grisgödseln sedimenterade mer effektivt än nötgödseln. Flytgödseln från integrerad grisproduktion hade både svämtäcke och bottensediment. Tjockleken på svämtäcket var ca 75 cm och på bottensedimentet ca 15–20 cm. TS-halten i ytprovet var ca 14%, i bottenprovet ca 8% och i mittprovet ca 2% (Figur 2). Metanpotentialen var också högst från ytprovet (ca 35 m³/m³ våt vikt) och lägst från mittprovet (ca 11 m³/m³ våt vikt). Det organiska innehållet (%VS av TS) var ca 85% i ytprovet och ca 62% i mittprovet (Tabell 2).

Flytgödseln från slaktgrisproduktion hade inget svämtäcke utan endast små ansamlingar av fast material på ytan. I botten av flytgödselbehållaren fanns emel-

Tabell 1. Analysresultat på självseparerad flytgödsel från mjölkproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor

Analys	Provplats			Omrörd
	Botten	Mitten	Ytan	
Metanproduktion (m³/m³ vv)	6,9	7,1	20,9	12,5
Torrsubstans, TS (%)	5,4	6,1	12,0	6,2
Totalkväve (kg/ton)	3,4	3,5	3,8	3,9
Organiskt kväve (kg/ton)	1,3	1,5	3,1	1,6
Ammoniumkväve (kg/ton)	2,1	2,0	0,7	2,3
Totalkol (kg/ton)	25,3	28,7	60,5	29,5
C/N-kvot	7,4	8,1	16,1	7,6
Glödförlust (VS) (% av TS)	78,6	78,2	90,8	80,6
Totalt fosfor (kg/ton)	0,53	0,55	0,95	0,60
Totalt kalium (kg/ton)	3,37	3,53	1,71	3,08

Tabell 2. Analysresultat på självseparerad flytgödsel från integrerad grisproduktion samt slaktgrisproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor

	Integrerad grisproduktion				Slaktgrisproduktion		
	Provplats				Provplats		
	Botten	Mitten	Ytan	Omrörd	Botten	Mitten	Ytan
Metanproduktion (m ³ /m ³ vv)	22,4	11,0	35,8	17,7	17,3	6,3	6,6
Torrsubstans, TS (%)	8,4	2,5	14,4	4,5	5,9	1,1	1,1
Totalkväve (kg/ton)	4,7	3,9	4,7	4,4	4,2	2,8	2,9
Organisk kväve (kg/ton)	1,9	1,0	3,3	1,4	1,7	0,4	0,4
Ammoniumkväve (kg/ton)	2,8	2,9	1,4	3,0	2,6	2,4	2,5
Totalkol (kg/ton)	34,1	10,1	68,3	19,7	26,6	4,0	4,2
C/N-kvot	7,2	2,6	14,6	4,4	6,3	1,4	1,5
Glödförlust (VS) (% av TS)	75,7	62,5	85,3	76,4	76,3	54,5	54,5
Totalt fosfor (kg/ton)	2,47	0,55	2,79	0,92	1,82	0,14	0,16
Totalt kalium (kg/ton)	2,30	2,42	1,12	2,40	2,07	2,30	2,18

lertid ett bottensediment som var ca 15 cm tjockt. TS-halten i bottensedimentet var ca 6% och i resten av behållaren ca 1 % (Figur 3). Resultatet av provrötningen visade att bottenprovet gav ca 17 m³ metan/m³ våt vikt och övriga prov gav ca 6 m³ metan/m³ våt vikt. Det organiska innehållet (VS) var ca 76% i bottenprovet och ca 55% i övriga prov (Tabell 2).

Växtnäringsämnen i gödseln från integrerad grisproduktion hade omfördelats efter skiktningen i flytgödselbehållaren (Tabell 2). Halten totalkväve och organiskt kväve var högre i ytprov och bottenprov än i mittprovet. Även halten ammoniumkväve var lite lägre i ytprovet. Fosforhalten var högre i ytprov och bottenprov än i mittprovet. Kaliumhalten var lite lägre i ytprovet än i övriga prov. Halten totalkol samt C/N-kvoten var högst i ytprovet och lägst i mittprovet.

I slaktgrisdödseln var halten totalkväve och organiskt kväve större i bottenprovet än i mittprovet och ytprovet i flytgödselbehållaren. Halten ammoniumkväve var jämnt fördelat liksom halten kalium. Fosforhalten hade skiktat sig och den större halten fosfor fanns i bottenprovet. Halten totalkol och C/N-kvoten var högst i bottenprovet.

Fullskaleförsök

I projektet testades också att flytta bort den tunna mittfraktionen från en flytgödselbehållare och därefter röra om den kvarvarande tjockare fraktionen för transport till biogasanläggning. Gödselbehållaren fylldes kontinuerligt från intilliggande slaktgrisstallar. Gödseln hade således inte stått orörd i flera veckor i detta försök. Med hjälp av en gödseltunna sögs så

mycket tunn gödsel bort från mittfraktionen att det fortfarande skulle kunna gå att röra upp svämtäcket och bottensedimentet i brunnen och pumpa upp gödseln i gödseltunna. Flytgödselbehållaren hade tak vilket var en orsak till att gödseln hade ganska hög TS-halt.

Gödselprover togs både av den tunna mittfraktionen och av den omrörda kvarvarande fraktionen för näringsanalys. Prover för analys av metanpotentialen togs av den omrörda kvarvarande fraktionen och från en likadan flytgödselbehållare på samma gård där gödseln rördes om utan att den tunna fraktionen flyttades bort.

Resultat fullskaleförsök

I den tunna mittfraktionen som flyttades bort var TS-halten ca 6% (Tabell 3). Efter omrörning av kvarvarande gödsel var TS-halten ca 12%. Vid 12% TS-halt gick det fortfarande bra att bryta svämtäcket och röra om i gödselbehållaren. Att fylla gödseltunna på 25 m³ med tjock gödsel tog knappt 3 minuter, att jämföra med en fyllningstid på ca 2 minuter vid en relativt tunn gödsel (ca 4-5% TS). Metanpotentialen från den kvarvarande tjockare fraktionen var ca 32 m³/m³ våt volym vilket kan jämföras med 28 m³/m³ våt volym från gödseln som omrördes utan att den tunna fraktionen flyttades bort. Halten TS var dock hög även i den fullständigt omrörda gödseln (9,8%) vilket förklarar den höga metanpotentialen.

Även näringsämnen var olika i de båda fraktionerna. Den kvarvarande tjockare fraktionen hade högre halt totalkväve och organiskt kväve men samma halt ammoniumkväve som den tunna fraktio-

nen. Halten fosfor var högre i den tjockare fraktionen medan kaliumhalten hade samma värde i båda fraktionerna. Skillnaden i halten fosfor mellan de olika fraktionerna var endast 0,29 kg/ton vilket visar att gödseln inte helt effektivt hunnit skikta sig i och med att behållaren fylldes på kontinuerligt.

Praktisk nytta av resultaten

Svämtäcke och bottensediment hade en hög halt fosfor. De vattenlösliga näringsämnen kalium och ammoniumkväve fördelade sig jämnt i hela gödselvolymen.

Tabell 3. Analysresultat på tunn samt tjock fraktion i flytgödselbehållare för slaktgrisproduktion

	Fraktion Tunn	Tjock
Torrsubstans, TS (%)	6,1	11,0
Tot-kväve (kg/ton)	5,2	6,1
Organisk kväve (kg/ton)	2,0	2,9
Ammoniumkväve (kg/ton)	3,2	3,2
Tot-kol (kg/ton)	27,0	49,7
C/N-kvot	5,2	8,1
Glödförlust (VS) (% av TS)	-	87,2
Totalt fosfor (kg/ton)	0,87	1,16
Totalt kalium (kg/ton)	1,95	1,93

Det kan vara intressant vid flera tillfällen att använda sig av självseparerad grisdödsel för att ta vara på att näringsämnen skiktat sig:

1. Gårdar med höga fosforhalter i marken nära gårdscenrat. På dessa marker är det inte alltid näringsmässigt motiverat att tillföra fosfor. Genom att använda den tunna mittfraktionen i en separerad grisdödsel kan stallgödseln täcka stora delar eller hela grödans kväve- och kaliumbehov utan att fosforgivan överskrids.
2. Gårdar med spridningsarealer långt bort. Genom att köra en mer koncentrerad gödsel behöver man inte köra lika många lass för att transportera bort samma mängd fosfor.
3. Gårdar som säljer gödsel. Det kan finnas en marknad för gödsel med lägre alternativt högre fosforinnehåll.

Ett kraftigt svämtäcke på gödseln visar att material med hög metanpotential har flutit mot ytan. Metanpotentialen i svämtäcket i både nötgödseln och i gödseln från den integrerade grisproduktionen



Flytgodselprover från ytan, mitten och botten av gödselbehållare för mjölkproduktion

Slutsatser

Gödseln i flytgodselbehållarna hade självseparerat när den stått orörd i 6 veckor

Svämtdäcke och bottensats innehöll mellan 20–60% av fosfor i behållarna. De vattenlösliga näringsämnen kalium och ammoniumkväve fördelade sig jämnt i hela gödselvolymen

Viktigt att hämta gödsel till biogas från gårdar med bra gödsel som har hög TS och därmed hög metanpotential

Självseparering av gödseln i flytgodselbehållaren är en intressant metod att optimera användningen av olika näringsämnen samt att minska mängden vatten in till central biogasanläggning.

Genom att ersätta flytgodsel med självseparerad gödsel kan metanproduktionen per röt-kammarvolym öka.

Litteratur

- Carlsson, M.; Uldal, M. (2009) Substrathandbok för biogasproduktion. Rapport SGC 200, Svenskt Gastekniskt Center AB, Malmö. 24 sidor
- Deng, L.; Li, Y.; Chen, Z.; Liu, G.; Yang, H. (2014) Separation of swine slurry into different concentration fractions and its influence on biogas fermentation. Applied Energy 114: 504–511
- Sommer, S.G; Hansen, M.N. (2005) Naturlig separering af næringsstoffer i lagret svinegylle – effekt af bioforgasning og gylleseparering. Grøn Viden. Husdyrbrug nr. 45. 6 sidor

var ca tre gånger så hög per m³ gödsel jämfört med gödseln i skiktet under. I brunnen med integrerad grisgödsel motsvarade svämtdäcket 20% av gödselvolymen, men det hade 43% av gödselns totala metanpotential. Metanpotentialen i bottensatsen var dubbelt så hög per m³ gödsel, jämfört med gödselvätskan. Det kan i dessa lägen vara intressant att ta bort en del gödselvätska innan transport till biogasanläggning.

Beräkningar visar att genom att avskilja ca 30% av gödselvätskan ökade halten TS i nötgödseln från 6,5 till 8,2% (25%) samtidigt som metanpotentialen per ton gödsel ökade med 11%, från 10,9 till 12,1 m³ metan/m³ gödsel. Genom att pumpa bort 30% av gödselvätskan från den integrerade grisgödseln ökade halten TS från 5,2 till 7,0% TS och den genomsnittliga metanpotentialen med 15%, från 16,7 till 19,2 m³ metan/ m³ gödsel.

Ett vanligt problem vid rötning av stallgödsel är att gödsel innehåller mycket vatten. Det gör att materialet som tillförs

rötkammaren är utspädd och reaktorns volym därför inte utnyttjas optimalt för röttningsprocessen. Försöket visar att genom att ersätta vanlig flytgodsel med självseparerad gödsel (enligt beskrivningen ovan) till en biogasanläggning kan metanproduktionen per reaktorvolym öka med ca 10%. Om energin i metangasen värderas till 0,5 kr/kWh, kan det innebära en vinst på mellan ca 6 och 8 kronor per ton självseparerad gödsel som ersätter flytgodsel i reaktorn. En förutsättning för att det ska vara intressant att endast hämta gödseln med högst metanpotential, är att det finns andra substrat med högre metanpotential som kan ersätta det material som avleds.

Generellt sätt är det viktigt att välja en gödsel med högt innehåll av torrsubstans och organiskt material som substrat till biogasproduktion. För en biogasanläggning kan det vara mer ekonomiskt att hämta all gödsel från integrerad grisproduktion, jämfört med att hämta enbart den bästa fraktionen från en tunn, men självseparerad slaktgrisgödsel.

- Projektet och faktabladet har genomförts i samarbete mellan Hushållningssällskapet Halland, Växa Sverige samt institutionen för Biosystem och teknologi (BT) vid SLU i Alnarp.
- Projektet är finansierat av Partnerskap Alnarp och Stiftelsen Lantbruksforskning.
- Projektansvarig: Knut-Håkan Jeppsson, institutionen för Biosystem och teknologi.
- På webbadressen <http://epsilon.slu.se> kan detta faktablad hämtas elektroniskt.